



**Europäisches  
Patentamt**

**European  
Patent Office**

**Office européen  
des brevets**

**Bescheinigung**

**Certificate**

**Attestation**

Die angehefteten Unterlagen stimmen mit der ursprünglich eingereichten Fassung der auf dem nächsten Blatt bezeichneten europäischen Patentanmeldung überein.

The attached documents are exact copies of the European patent application described on the following page, as originally filed.

Les documents fixés à cette attestation sont conformes à la version initialement déposée de la demande de brevet européen spécifiée à la page suivante.

**Patentanmeldung Nr.    Patent application No.    Demande de brevet n°**

03405218.3

Der Präsident des Europäischen Patentamts;  
Im Auftrag

For the President of the European Patent Office

Le Président de l'Office européen des brevets  
p.o.

**R C van Dijk**

THIS PAGE BLANK (USPTO)



Anmeldung Nr:  
Application no.: 03405218.3  
Demande no:

Anmeldetag:  
Date of filing: 01.04.03  
Date de dépôt:

Anmelder/Applicant(s)/Demandeur(s):

Optosys SA  
route André Piller 50  
1762 Givisiez  
SUISSE

Bezeichnung der Erfindung/Title of the invention/Titre de l'invention:  
(Falls die Bezeichnung der Erfindung nicht angegeben ist, siehe Beschreibung.  
If no title is shown please refer to the description.  
Si aucun titre n'est indiqué se referer à la description.)

Rauscharmer Lichtempfänger

In Anspruch genommene Priorität(en) / Priority(ies) claimed /Priorité(s)  
revendiquée(s)  
Staat/Tag/Aktenzeichen/State/Date/File no./Pays/Date/Numéro de dépôt:

Internationale Patentklassifikation/International Patent Classification/  
Classification internationale des brevets:

H03F3/08

Am Anmeldetag benannte Vertragstaaten/Contracting states designated at date of  
filing/Etats contractants désignées lors du dépôt:

AT BE BG CH CY CZ DE DK EE ES FI FR GB GR HU IE IT LU MC NL  
PT RO SE SI SK TR LI

**THIS PAGE BLANK (USPTO)**

## Rauscharmer Lichtempfänger

Die Erfindung bezieht sich auf einen rauscharmen Lichtempfänger gemäss Oberbegriff des Anspruchs 1.

5

Bei der Umwandlung von Licht in elektrischen Strom zum Zweck der Signalübertragung sind sowohl die Anforderungen wie auch die Realisierungsmöglichkeiten vielfältig. Praktisch immer soll dabei die Umwandlung bei gegebener Signalbandbreite und  
10 Empfangslichtstärke möglichst rauscharm erfolgen.

Ein sehr häufig eingesetztes Element zur Umwandlung von Lichtsignalen in elektrische Signale ist die Photodiode. Sie ist anderen Wandlern in vielen Fällen überlegen. Da das von  
15 einer Photodiode abgegebene elektrische Signal normalerweise sehr schwach ist, muss es mit Hilfe eines Verstärkers verstärkt werden, bevor es genutzt werden kann. Photodiode und Verstärker bestimmen bei gegebener Bandbreite und Empfangslichtstärke weitgehend das Signal-Rausch-Verhältnis,  
20 welches das am Ausgang des Verstärkers zur Verfügung stehende Signal aufweist. Als Literatur zum entsprechenden Stand der Technik sei beispielsweise das Buch "Photodiode Amplifiers" von Jerald G. Graeme, McGraw-Hill, New York, 1996 genannt.

25

Fig. 1 zeigt eine üblicherweise eingesetzte Anordnung von Photodiode 10 und Verstärker 20. Die Photodiode 10 ist an den invertierenden Eingang 21 des Verstärkers 20  
angeschlossen und über einen Arbeitswiderstand 15' mit dem  
30 Ausgang 23 des Verstärkers 20 verbunden. Die am Ausgang 23 gemessene Spannung  $V_{out}$  ist im Wesentlichen proportional zum Strom, welchen die Photodiode 10 beim Empfangen der von einer Lichtquelle 9 ausgesendeten Lichtsignale erzeugt. Die

Anordnung gemäss Fig. 1 wirkt demnach als Strom/Spannungs-Konverter.

Die wesentlichen Rauschquellen der Anordnung gemäss Fig. 1  
5 sind die Photodiode 10 und der Arbeitswiderstand 15'. Das  
Rauschen des Verstärkers 20 hingegen ist bei starkem  
Umgebungslicht, wie es bei Sensorik-Anwendungen vorhanden  
sein kann, vernachlässigbar. Der Arbeitswiderstand 15'  
erzeugt aufgrund von thermischen Rauschen einen Rauschstrom,  
10 welcher den Hauptteil des Gesamtrauschens ausmacht. Ein  
grundsätzlicher Nachteil der Anordnung gemäss Fig. 1 besteht  
nun darin, dass der Arbeitswiderstand 15' so dimensioniert  
sein muss, dass auch dann keine Sättigung des Verstärkers 20  
auftritt, wenn ein starkes Umgebungslicht (in der  
15 Mittagssonne z.B. ca. 100'000 Lux) dem Lichtsignal der  
Lichtquelle 9 überlagert ist. Eine Sättigung des Verstärkers  
20 wird durch Wahl eines relativ kleinen Arbeitswiderstandes  
15' verhindert. Bei einer Photodiode mit einer Chipfläche  
von 1 mm<sup>2</sup> beispielsweise liegt dieser bei ca.  $R_f = 22 \text{ k}\Omega$ .  
20 Ein kleiner Widerstand  $R_f$  führt jedoch zwangsläufig zu einem  
relativ hohen Wert für den durch den Widerstand 15'  
erzeugten thermischen Rauschstrom. Dies ist aus der Formel 1  
ersichtlich, gemäss welcher

25 
$$i_m = \sqrt{\frac{4kT\Delta f}{R_f}} \quad (\text{Formel 1})$$

wobei

30  $i_{nt}$  = thermischer Rauschstrom [A]  
 $k$  = Boltzmann-Konstante,  $1.38 \times 10^{-23} \text{ JK}^{-1}$   
 $T$  = Temperatur in Kelvin [K]  
 $\Delta f$  = Rauschbandbreite [Hertz]  
 $R_f$  = Arbeitswiderstand [Ohm]

Ein übermässiges Rauschen des Lichtempfängers ist jedoch nachteilig, da dadurch ein entsprechend schlechtes Signal-Rausch-Verhältnis resultiert.

5

Ausgehend von diesem Stand der Technik ist es Aufgabe der vorliegenden Erfindung, einen Lichtempfänger zu schaffen, welcher auch bei starkem Umgebungslicht funktionsfähig bleibt, jedoch ein besseres Signal-Rausch-Verhältnis

10 aufweist.

Ein Lichtempfänger, der diese Aufgabe löst, ist im Anspruch 1 angegeben. Die weiteren Ansprüche geben bevorzugte Ausführungen an.

15

Der Lichtempfänger gemäss Anspruch 1 hat den Vorteil, dass er auch bei starkem Umgebungslicht einsetzbar ist, jedoch aufgrund seines geringeren Rauschens ein besseres Signal-Rausch-Verhältnis aufweist.

20

Die Erfindung wird im Folgenden anhand eines bevorzugten Ausführungsbeispiels unter Bezugnahme auf Figuren erläutert. Es zeigen

25 Fig. 1 einen bekannten Lichtempfänger;

Fig. 2 einen erfindungsgemässen Lichtempfänger;

Fig. 3 die Transmissionskurve 51 eines Farbfilters, die  
30 spektrale Empfindlichkeit 60 einer typischen Silizium-Photodiode sowie die spektrale Energieverteilung 70 des Sonnenlichts;

Fig. 4 die Transmissionskurve 41 eines dielektrischen optischen Filters sowie die beiden Kurven 60 und 70 gemäss Fig. 2;

5 Fig. 5 eine Überlagerung der Figuren 3 und 4; und

Fig. 6 die spektrale Empfindlichkeit 61 von verschiedenen wellenlängenselektiven Photodioden, die Kurve 60 gemäss Fig. 3 sowie die theoretisch erzielbare Grenze 63  
10 der spektralen Empfindlichkeit.

Der in Fig. 2 gezeigte Lichtempfänger umfasst einen Lichtsensor, der beispielsweise eine Photodiode 10 üblicher Art ist, sowie einen Verstärker 20 beispielsweise in Form  
15 eines Operationsverstärkers. Die Kathode 11 der Photodiode 10 ist an dem invertierenden Eingang 21 des Verstärkers 20 angeschlossen, die Anode 12 der Photodiode 10 sowie der nicht-invertierende Eingang 22 des Verstärkers 20 sind an  
20 Masse gelegt. Die Photodiode 10 gemäss Fig. 2 ist somit im photovoltaischen Modus betrieben, d.h. es ist keine äussere Spannung an die Photodiode 10 angelegt. Es ist jedoch auch denkbar, die Photodiode 10 in Sperrrichtung zu betreiben (photoleitender Modus).

25 Der Ausgang 23 des Verstärkers 20 ist mit einem Widerstand 15 verbunden, der wiederum am invertierenden Eingang 21 des Verstärkers 20 angeschlossen ist, sodass dadurch das Ausgangssignal des Verstärkers 20 rückgekoppelt werden kann.

30 Wie Fig. 2 weiter zeigt, sind zusätzlich elektrische Filtermittel 29 und 30 vorgesehen, die parallel zum Widerstand 15 angeschlossen sind. Die Filtermittel 29 und 30 sind dazu mit dem Ausgang 23 des Verstärkers 20 und mit seinem invertierenden Eingang 21 verbunden, sodass ein



Gegenkopplungspfad 31 gebildet ist. Sie umfassen ein Tiefpassfilter 29 und eine damit verbundene Stromsenke 30 z.B. in Form einer stromgesteuerten oder spannungsgesteuerten Stromquelle. Die Stromsenke 30 bildet  
5 das Stellglied einer Regelstrecke, wobei die Regelung in der Anordnung gemäss Fig. 2 durch die Gegenkopplung erzielt wird. Stromsenke 30 sowie Tiefpassfilter 29 sind dem Fachmann bekannt und werden daher nicht eingehender beschrieben.

10

Beim Empfangen von Lichtsignalen einer Nutzlichtquelle 9 wie einer Leuchtdiode erzeugt die Photodiode 10 einen Photostrom als Nutzsignal. Die Lichtsignale werden dabei in Form von Lichtimpulsen in einer bestimmten Pulsfrequenz  $F_p$   
15 ausgesendet, sodass das Nutzsignal ebenfalls die Frequenz  $F_p$  aufweist.

Ist nun eine Störlichtquelle wie natürliches oder künstliches Umgebungslicht vorhanden, so erzeugt die  
20 Photodiode 10 einen zusätzlichen, unerwünschten Photostrom als Störsignal, welches dem Nutzsignal überlagert ist.

Die Frequenz  $F_p$  ist so gewählt, dass der Frequenzbereich des Umgebungslicht wesentlich tiefer ist. Typischerweise ist  $F_p$   
25 = 15 kHz. Übliche Lampen z.B. weisen hingegen eine Modulationsfrequenz von 100 Hz auf. Diese Erkenntnis erlaubt es, den durch die Photodiode 10 erzeugten Photostrom in eine dem Nutzsignal entsprechende und in eine dem Störsignal entsprechende Komponente aufzuteilen und diese beiden  
30 Komponenten getrennt zu verarbeiten. Dazu sind die elektrischen Filtermittel 29 und 30 des Lichtempfängers entsprechend der Frequenz  $F_p$  ausgelegt. Die Grenzfrequenz des Tiefpassfilters 29 ist dabei kleiner als die Frequenz  $F_p$  gewählt, so dass das Nutzsignal nur vernachlässigbar

gegengekoppelt wird und demnach der Stromsenke 30 im Wesentlichen das Störsignal zugeführt wird. Die Stromsenke 30 ihrerseits wird durch die Gegenkopplung so geregelt, dass sie einen Strom als Korrektursignal erzeugt, welche das zugeführte Störsignal im Wesentlichen kompensiert.

Der Gegenkopplungspfad 31 wirkt demnach wie eine Frequenzweiche, die Stör- und Nutzsignal trennt. Da nun durch den Widerstand 15 im Wesentlichen der Anteil des Photostroms fliesst, der dem Nutzsignal entspricht, braucht dieser lediglich für die maximal zu verarbeitende Nutzsignalamplitude ausgelegt werden. Dies ist im Gegensatz zur Anordnung gemäss Fig. 1, bei welcher der Widerstand 15 für die Summe von Störsignal und Nutzsignal auszulegen ist, um eine Sättigung des Verstärkers vorzubeugen. Für den Widerstand 15 kann deshalb ein wesentlich höherer Wert gewählt werden (typischerweise ca.  $R_f = 1 \text{ MOhm}$ ), sodass er gemäss der Formel 1 ein entsprechend geringeres Rauschen erzeugt.

Zwar stellen die Filtermittel 29, 30 zusätzliche, unerwünschte Rauschquellen dar, jedoch verglichen mit der Reduktion, die durch den Einsatz eines höherohmigen Widerstandes 15 erzielbar ist, ist das zusätzliche Rauschen vernachlässigbar. Der dominierende Anteil des von der Stromsenke 30 erzeugten Rauschens ist Schrotrauschen (unregelmässige Stromschwankungen, die dadurch entstehen, dass der Ladungstransport durch die Bewegung diskreter Ladungsträger zustande kommt). Wie weiter unten zur Formel 2 genauer erläutert wird, ist das Schrotrauschen im Wesentlichen proportional zur Wurzel des fliessenden Stroms. Da der durch die Stromsenke 30 erzeugte Strom im Wesentlichen gleich dem Photostrom ist, ergibt sich eine Erhöhung des Gesamtrauschens um lediglich  $2^{1/2} \approx 1.41$ . Gemäss

obigem Beispiel ist hingegen die Reduktion des Rauschens durch den Einsatz eines höherohmigen Widerstandes wesentlich grösser:  $(1 \text{ MOhm}/22 \text{ kOhm})^{1/2} \approx 6.75$ . Das Rauschen des Tiefpassfilters 29 ist vernachlässigbar, da es in einem  
5 tiefen und daher nicht relevanten Frequenzbereich liegt.

Der Einsatz der Filtermittel 29 und 30 gemäss Fig. 2 ermöglicht es, das Nutz- und Störsignal zu trennen, sodass mit den Signalverarbeitungsmitteln 15, 20 lediglich im  
10 Wesentlichen das Nutzsignal verarbeitet werden kann, währenddem das Störsignal in die Stromsenke 30 abgeleitet wird. Dadurch kann das Rauschen des Lichtempfängers gesenkt werden, wobei gleichzeitig einer Sättigung des Verstärkers 20 durch Umgebungslicht vorgebeugt wird.

15 Optional umfasst der in Fig. 2 gezeigte Lichtempfänger weiter ein elektrisches Bandpassfilter 35 bekannter Art, welches in Serie mit dem Ausgang des Verstärkers angeschlossen ist. Das Bandpassfilter 35 ist so ausgelegt,  
20 dass es das Nutzsignal weitgehend unbeeinflusst passieren lässt, während die nicht gewünschten Komponenten des Spektrums rauschvermindernd herausgefiltert werden. Dadurch kann das Signal-Rausch-Verhältnis weiter verbessert werden.

25 Bei starkem Umgebungslicht kann die Photodiode 10 einen so hohen Photostrom erzeugen, dass ein unter Umständen nicht mehr vernachlässigbares Schrotrauschen entsteht. Das Schrotrauschen ist gegeben durch

30 
$$i_{ns} = \sqrt{2q(I_d + I_{ph})\Delta f} \quad (\text{Formel 2})$$

wobei

$i_{ns}$  = Schrot-Rauschstrom [A]

$q$  = Elektronenladung,  $1.6 \times 10^{-19}$  Coulomb

$I_d$  = Dunkelstrom [A]

$I_{ph}$  = Photostrom [A]

$\Delta f$  = Rauschbandbreite [Hertz]

5

Zur Unterdrückung vor allem dieses Schrotrauschen sind daher als weitere Option optische Filtermittel 40 und 50 vorgesehen, mit welchen das auf die Photodiode 10

10 einfallende Umgebungslicht reduziert werden kann. Die optischen Filtermittel 40 und 50 sind entsprechend der Wellenlänge  $\lambda_0$  des von der Leuchtdiode 9 ausgesendeten Lichtsignals (z.B.  $\lambda_0 = 0.680 \mu\text{m}$ ) ausgelegt und umfassen ein erstes Filter 40 sowie vorzugsweise ein zweites Filter 50.

15 Das erste Filter 40 ist ein dielektrisches Bandpassfilter (Interferenzfilter mit einer bestimmten Anzahl von dünnen, dielektrischen Schichten). Kurve 41 in Fig. 4 zeigt das Durchlassverhalten eines geeigneten Bandpassfilters 40 in Abhängigkeit der Wellenlänge  $\lambda$  des einfallenden Lichts  
20 (Transmissionskurve). Der Durchlassbereich ist auf die Wellenlänge  $\lambda_0$  der Nutzlichtquelle 9 abgestimmt und relativ schmal, wobei die Flanken der Kurve 41 vorteilhafterweise steil sind.

25 Die Charakteristik des Bandpassfilters 40 ist für einen bestimmten Wellenlängenbereich spezifiziert ("Nahbereich"). Die untere und obere Grenze dieses Wellenlängenbereichs werden im Folgenden mit  $\lambda_1$  bzw.  $\lambda_2$  bezeichnet. Die Breite des Wellenlängenbereichs  $\lambda_2 - \lambda_1$  ist unter anderem durch die Anzahl  
30 der verwendeten optischen Schichten gegeben. Beim Bandpassfilter 40 mit der in Fig. 4 gezeigten Transmissionskurve 41 werden ca. sechzig optische Schichten verwendet, so dass  $\lambda_1$  bei etwa  $0.4 \mu\text{m}$  und  $\lambda_2$  bei etwa  $1.2 \mu\text{m}$  zu liegen kommen.

Ausserhalb des spezifizierten Wellenlängenbereichs ( $\lambda < \lambda_1$  bzw.  $\lambda > \lambda_2$ , "Fernbereich") zeigt ein dielektrisches Bandpassfilter jedoch ein schlechtes Sperrverhalten. Die  
5 Herstellung eines Bandpassfilters mit einem sehr breiten Wellenlängenbereich ist aufgrund der grossen Anzahl der nötigen optischen Schichten aufwendig und teuer.

Um ein gutes Sperrverhalten für Wellenlängen kleiner als  $\lambda_1$   
10 zu garantieren, ist zusätzlich ein zweites Filter 50 nach dem Bandpassfilter 40 angeordnet. Das zweite Filter 50 ist ein Farbfilter und ist z.B. durch Einfärbung von Kunststoff oder Glas hergestellt. Kurve 51 in Fig. 3 zeigt das Durchlassverhalten eines geeigneten Farbfilters 50. Dieses  
15 absorbiert Licht mit einer Wellenlänge von weniger als  $\lambda_0$  und insbesondere weniger als  $\lambda_1$ , währenddessen es für Licht mit einer Wellenlänge von mehr als  $\lambda_0$  nahezu durchlässig ist. Es wirkt demnach wie ein Kantenfilter.

20 Da die üblichen Photodioden für grosse Wellenlängen kaum empfindlich sind, fällt ein schlechtes Sperrverhalten des Bandpassfilters 40 für den Bereich  $\lambda > \lambda_2$  kaum ins Gewicht. Fig. 4 zeigt die spektrale Empfindlichkeit 60 einer typischen Photodiode aus Silizium (normiert mit dem  
25 Maximalwert). Die Empfindlichkeit ist für Wellenlängen grösser als  $\lambda_2$  nahezu Null. Es ist jedoch denkbar, weitere Farbfilter zu verwenden, um das Sperrverhalten des Bandpassfilters 40 bei grösseren Wellenlängen zu verbessern. Zum Vergleich ist in Fig. 4 ebenfalls die spektrale  
30 Energieverteilung 70 des Sonnenlichts (normiert mit dem Maximalwert) gezeigt.

Durch hintereinanderliegende Anordnung eines dielektrischen Bandpassfilters 40 mit einer Charakteristik gemäss Kurve 41

und eines Farbfilters 50 mit einer Charakteristik gemäss  
Kurve 51, resultiert ein schmalbandiges optisches Filter mit  
sehr steilen Flanken und mit gleichzeitig sehr guten  
Sperreigenschaften im Fernbereich. Wie Fig. 5 zeigt, liegt  
5 die Flanke des Farbfilters am kurzwelligen Ende des  
Durchlassbereichs des Bandpassfilters 41. Durch Verwendung  
der optischen Filtermittel 40 und 50 kann ein grosser Teil  
des Umgebungslichts, welches im empfindlichen Bereich der  
Photodiode 10 liegt, wirksam herausgefiltert werden und so  
10 insbesondere das Schrotrauschen der Photodiode 10 stark  
reduziert werden.

Eine zusätzliche optische Filterung kann durch die  
Verwendung wellenlängenselektiver Photodioden erzielt  
15 werden. Diese sind lediglich in einem engen  
Wellenlängenbereich um  $\lambda_0$  empfindlich. Fig. 6 zeigt die  
Durchlasskurven 61 von sechs verschiedenen solchen  
wellenlängenselektiven Photodioden. Die Filterwirkung wird  
durch Wahl und Dotierung des Halbleitermaterials der  
20 Photodiode festgelegt. Zum Vergleich sind die  
Empfindlichkeitskurve 60 einer Silizium-Photodiode gemäss  
Fig. 3 sowie die theoretisch mögliche Grenzlinie 63 gezeigt.

Die Anwendung der hier beschriebenen elektrischen und  
25 optischen Filtermittel führt zu einer wesentlichen Reduktion  
des Rauschens auch bei breitbandigem, starkem  
Umgebungslicht. Je nach Art und Intensität des  
Umgebungslichts kann eine Verbesserung des Signal-Rausch-  
Verhältnisses erzielt werden, welche im Bereich von 15 bis  
30 20 dB liegt. Dadurch kann eine höhere Reichweite zwischen  
Lichtempfänger und Nutzlichtquelle und/oder eine grössere  
Bandbreite des Nutzsignals erreicht werden.

- 11 -

Lichtempfänger werden u.a. bei photoelektrischen  
Näherungsschaltern verwendet, die z.B. im Fertigungs-,  
Förder- sowie Lagerbereich als Sensor zur Feststellung eines  
in einem Überwachungsbereich vorhandenen Gegenstandes zur  
5 Anwendung kommen. Durch Einsatz des hier beschriebenen  
Lichtempfängers kann die Leistungsfähigkeit eines solchen  
Näherungsschalters wesentlich erhöht werden.

Aus der vorangehenden Beschreibung sind dem Fachmann  
10 zahlreiche Abwandlungen zugänglich, ohne den Schutzbereich  
der Erfindung zu verlassen, der durch die Ansprüche  
definiert ist.

Die hier beschriebenen Massnahmen zur Verminderung des  
15 Rauschens hängen primär nicht von der Art und der  
Betriebsweise des verwendeten Lichtsensors ab. So ist z.B.  
eine wesentliche Rauschverminderung auch für eine Photodiode  
10 erzielbar, die mit einer Vorspannung in Sperrrichtung  
betrieben wird (photoleitender Modus).

20 Weiter ist es denkbar, anstelle des Tiefpassfilters ein  
elektrisches Bandsperrfilter zum Herausfiltern des  
Nutzsignals im Gegenkopplungspfad zu verwenden. Allerdings  
sind dann weitere elektrische Elemente nötig, um ein stabile  
25 Gegenkopplung zu erzielen. Im Weiteren ist auch die  
Verwendung digitaler Filter möglich.

- - - - -

**THIS PAGE BLANK (USPTO)**



### Patentansprüche

1. Rauscharmer Lichtempfänger mit  
einem Lichtsensor (10), insbesondere Photodiode, mit  
5 welchem ein Sensorsignal erzeugbar ist, das ein von einer  
Nutzlichtquelle (9) herrührendes Nutzsignal und ein  
Störsignal umfasst, und mit  
Verarbeitungsmitteln (15, 20), die mit dem Lichtsensor  
in Wirkverbindung stehen, zur Verarbeitung des  
10 Sensorsignals, sodass ein Ausgangssignal ( $V_{out}$ ) erzeugbar  
ist, gekennzeichnet durch  
elektrische Filtermittel (29, 30) zum Herausfiltern  
des Störsignals, welche mit dem Lichtsensor in  
Wirkverbindung stehen und mit welchen ein Korrektursignal  
15 erzeugbar ist, welches das Störsignal im Wesentlichen  
kompensiert, sodass mit den Verarbeitungsmitteln im  
Wesentlichen das Nutzsignal verarbeitbar ist.
2. Lichtempfänger nach Anspruch 1, dadurch  
20 gekennzeichnet, dass die elektrischen Filtermittel eine  
Stromsenke (30) und ein Tiefpassfilter (29) umfassen.
3. Lichtempfänger nach einem der Ansprüche 1 bis 2,  
dadurch gekennzeichnet, dass die Stromsenke (30) regelbar  
25 ist, sodass das Störsignal im Wesentlichen kompensiert  
werden kann.
4. Lichtempfänger nach einem der Ansprüche 1 bis 3,  
dadurch gekennzeichnet, dass die Verarbeitungsmittel einen  
30 Verstärker (20) mit einem Rückkopplungswiderstand (15)  
umfassen, der vorzugsweise so dimensioniert ist, dass das  
Rauschen gering ist.

5. Lichtempfänger nach einem der Ansprüche 1 bis 4, dadurch gekennzeichnet, dass die elektrischen Filtermittel (29, 30) parallel mit den Verarbeitungsmitteln (15, 20) verbunden sind.
- 5
6. Lichtempfänger nach einem der Ansprüche 1 bis 5, dadurch gekennzeichnet, dass er ein optisches Bandpassfilter (40), insbesondere dielektrisches Bandpassfilter aufweist, welches vorzugsweise schmalbandig ist.
- 10
7. Lichtempfänger nach einem der Ansprüche 1 bis 6, dadurch gekennzeichnet, dass er mindestens ein optisches Kantenfilter (50), insbesondere Farbfilter aufweist.
- 15
8. Lichtempfänger nach Anspruch 6 und 7, dadurch gekennzeichnet, dass die Flanke des Kantenfilters (50) am kurzwelligen Ende des Durchlassbereichs des Bandpassfilters (40) liegt.
- 20
9. Lichtempfänger nach einem der Ansprüche 1 bis 8, dadurch gekennzeichnet, dass der Lichtsensor eine Photodiode ist, die vorzugsweise wellenlängenselektiv ist.
- 25
10. Anwendung eines Lichtempfänger nach einem der Ansprüche 1 bis 9 in einem photoelektrischen Näherungsschalter.

### Zusammenfassung

Der rauscharme Lichtempfänger umfasst folgende Komponenten:

- 5    - einen Lichtsensor (10), insbesondere Photodiode, mit  
      welchem ein Sensorsignal erzeugbar ist, das ein von einer  
      Nutzlichtquelle (9) herrührendes Nutzsignal und ein  
      Störsignal umfasst,
- Verarbeitungsmittel (15, 20), die mit dem Lichtsensor in  
10    Wirkverbindung stehen, zur Verarbeitung des Sensorsignals,  
      sodass ein Ausgangssignal ( $V_{out}$ ) erzeugbar ist, und
- elektrische Filtermittel (29, 30) zum Herausfiltern des  
      Störsignals, welche mit dem Lichtsensor in Wirkverbindung  
15    stehen und mit welchen ein Korrektursignal erzeugbar ist,  
      welches das Störsignal im Wesentlichen kompensiert, sodass  
      mit den Verarbeitungsmitteln im Wesentlichen das  
      Nutzsignal verarbeitbar ist.

- - - - -

20

(Figur 2)

**THIS PAGE BLANK (USPTO)**

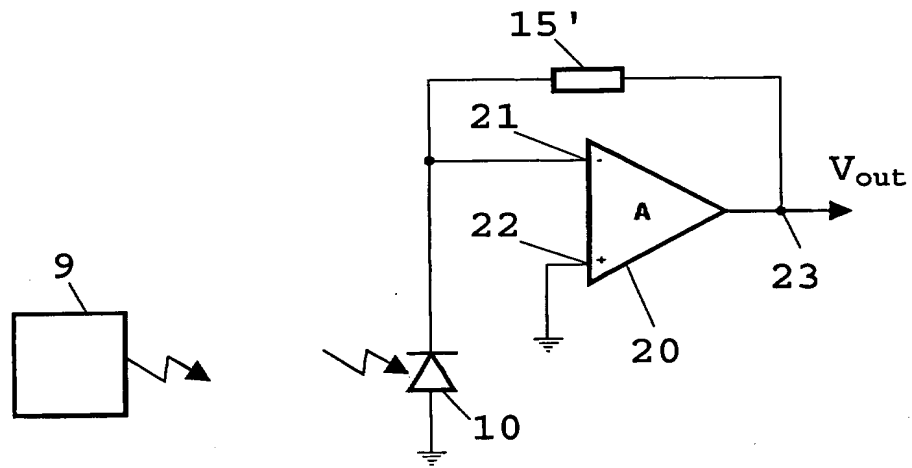


Fig. 1

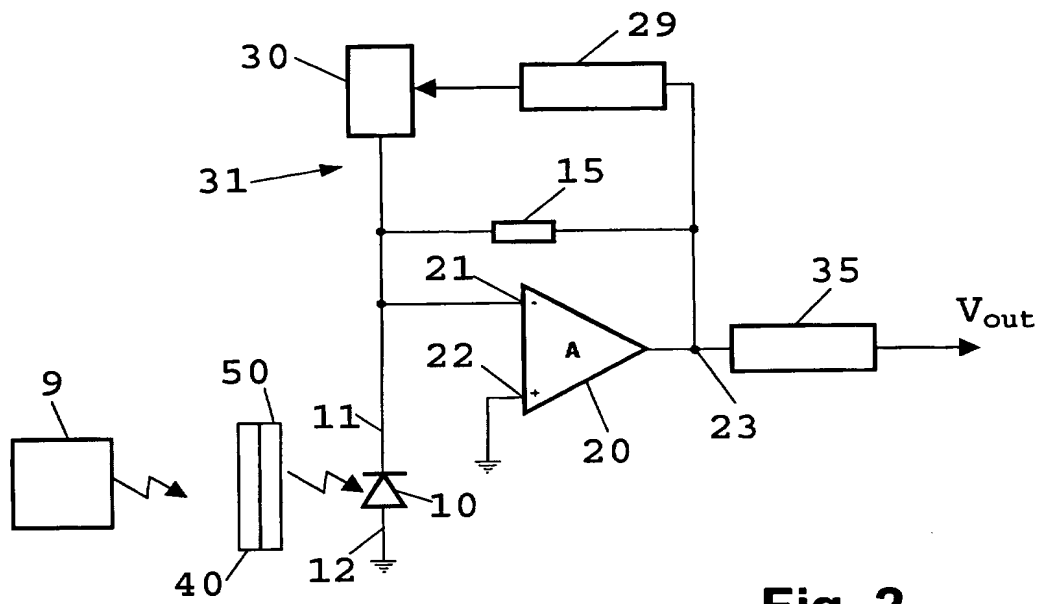


Fig. 2

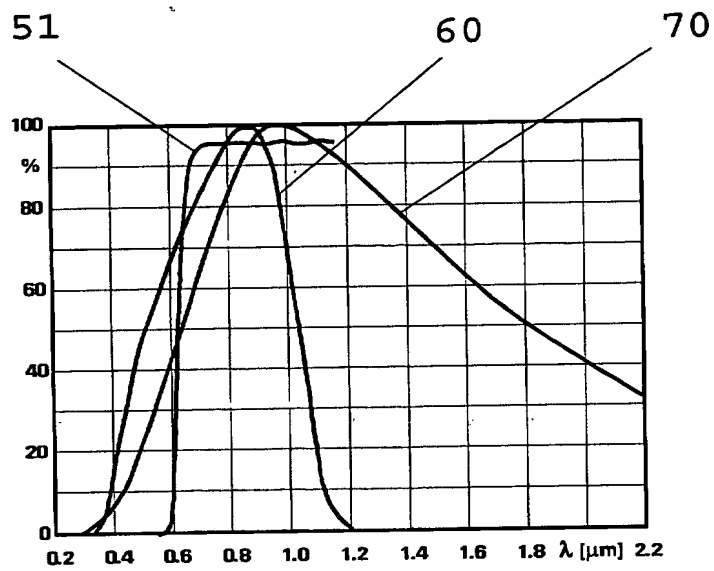


Fig. 3

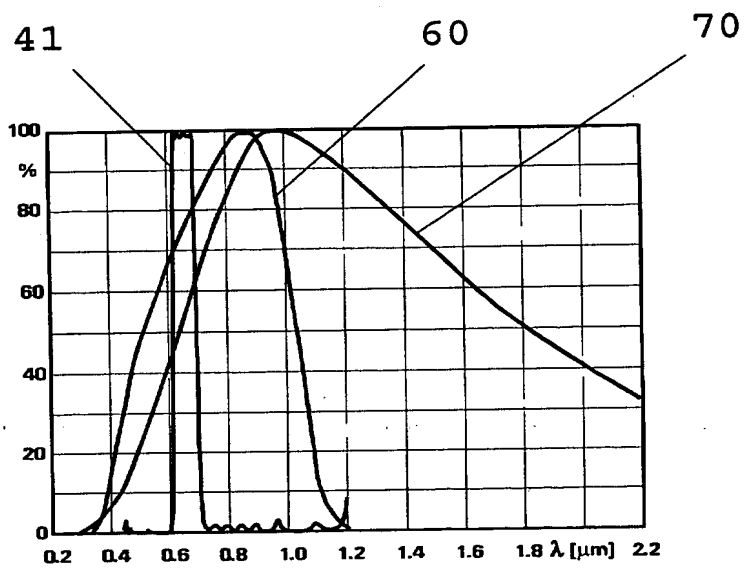
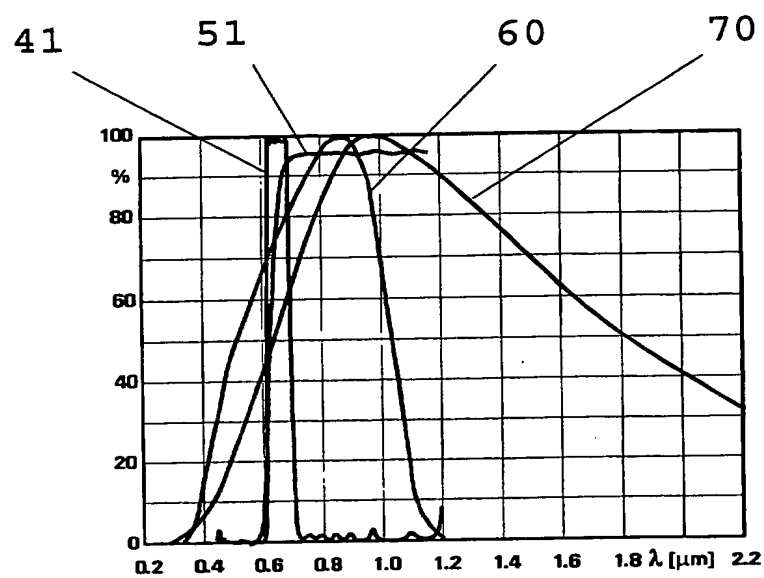
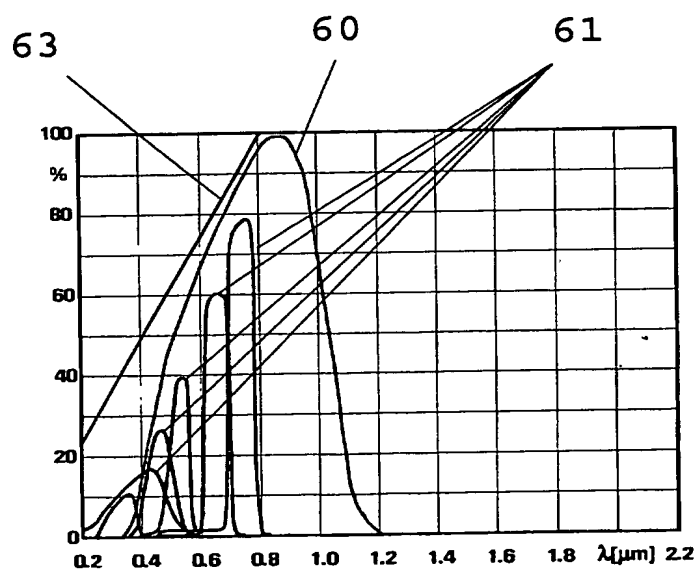


Fig. 4



**Fig. 5**



**Fig. 6**

**THIS PAGE BLANK (USPTO)**